



黄河流域典型支流 水循环机理研究

王 玲 夏 军 宋献方 张俊峰 张学成 等著



黄河水利出版社

内 容 提 要

本书是在国家自然科学基金“黄河联合研究基金”的资助下,针对黄河流域人类活动频繁对流域下垫面的影响,开展的“黄河流域典型支流水循环机理研究”项目成果的总结和提炼。主要的研究内容包括流域水资源评价方法理论的探讨和在典型流域的应用两方面。本书内容翔实,资料系列长,且有连续4年的野外典型小流域实验成果,可供从事水利、农业、林业、牧业、地质等方面工作的科研人员及大专院校师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

黄河流域典型支流水循环机理研究/王玲等著. —郑州:黄河水利出版社,2008.11

ISBN 978-7-80734-530-5

I. 黄… II. 王… III. 黄河流域-水循环-研究 IV. P339

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第172305号

组稿编辑:王路平 电话:0371-66022212 E-mail:hhsllwlp@126.com

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路11号 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhslebs@126.com

承印单位:河南省瑞光印务股份有限公司

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:15.25

字数:352千字

印数:1—1 000

版次:2008年11月第1版

印次:2008年11月第1次印刷

定价:60.00元

前 言

黄河流域黄土高原地区总面积约 64 万 km^2 , 其中水土流失面积 45 万 km^2 , 水土流失最强烈的地区是黄土丘陵沟壑区和黄土高塬沟壑区, 地形破碎, 植被稀少, 年侵蚀模数可达 1 万 ~ 3 万 t/km^2 , 是黄河泥沙的主要来源地。经过多年治理, 黄土高原水土流失区初步治理面积达到了 18 万 km^2 。通俗地讲, 流域下垫面是指流域的地形地貌、土壤结构、植被覆盖与河流湖泊形态的总和, 起着降水和水资源转换的界面作用。随着黄河中游水土流失治理、大中小型水利工程建设地开展, 黄河中游环境条件发生了很大变化。下垫面条件的变化, 流域水文过程的各个环节也相应发生变化, 如蒸发、入渗、产流的量会加大或减小, 水循环的路径和速率也会发生变化, 也就是说, 利用原来的降水 - 径流关系不能反映土地利用/土地覆被变化后的流域降雨径流形成规律和水文循环过程, 分析人类活动(土地利用/土地覆被变化)对流域降雨径流形成规律的影响成为当今我国水文循环研究的关键问题。开展水循环时空变化及其影响机理的科学研究, 不仅对于揭示生态环境建设影响下的水循环演化规律有十分重要的科学价值, 而且对于解决黄河流域水资源评价中还原水量计算问题、变化环境下的水资源规划管理等, 有着重要的意义。对于国际水文科学研究与进展而言, 联合国教科文组织(UNESCO)、国际水文科学协会(IAHS)和世界气象组织(WMO)等实施了一系列国际水科学计划, 如国际水文十年(IHD)、国际水文计划(IHP)、世界气候研究计划(WCRP)、国际地圈生物圈计划(IGBP)等。当今水文水资源科学发展的前沿问题突出反映在: 自然变化和人类活动影响下的水文循环和水资源演变规律, 水与土地利用/土地覆被变化等社会经济相互作用影响等。20 世纪 90 年代末, 变化环境(即全球变化与人类活动影响)下的水文循环研究成为热点。

由于人类活动改变了流域下垫面条件, 导致入渗、径流、蒸发等水平衡要素发生一定的变化, 尤其是像黄河流域这类半干旱半湿润地区的河流, 下垫面变化造成河川径流不断减少的现象已经非常明显。为此, 国家自然科学基金委员会和黄河水利委员会于 2003 年联合资助黄河水文水资源科学研究院、中国科学院地理科学与资源研究所、中国水利水电科学研究院水资源研究所联合开展了重点项目“黄河流域典型支流水循环机理研究”, 研究时段为 2003 ~ 2006 年。本项目针对国际水文学的前沿问题, 选取黄河流域黄土沟壑区水土流失治理比较好的典型支流, 即一级入黄支流无定河上的大理河作为典型支

流,其一级支流小理河作为研究区域,岔巴沟作为实验流域,曹坪西沟作为径流实验场区,三级流域相互嵌套,从点到面,将水文实验和水文模拟技术有机地相互结合,深入揭示变化环境条件的黄土丘陵沟壑区的水循环机理,为水文水资源调查评价、水保效益分析、水文预报等方面提供技术支撑。

本书是“黄河流域典型支流水循环机理研究”研究成果的提炼,是项目组研究成员4年心血的结晶。参加本书编写的有夏军、宋献方、张俊峰、张学成、周祖昊、王生雄、慕明清和陈三俊。王玲教授负责对本书统稿。

在本书的编写过程中,王浩院士提出了许多宝贵的意见。夏军教授、王浩院士、宋献方教授的多名博士、硕士研究生参加了本项目并参与了多项计算。在此一并表示衷心的感谢!由于作者水平有限,书中难免有一些谬误之处,敬请读者谅解!

作 者

2008年6月

目 录

前 言

第一篇 实验与理论篇

第一章 项目基本情况	(3)
第一节 项目研究意义	(3)
第二节 项目主要内容和技術路线	(5)
第三节 项目的创新之处	(5)
第四节 项目的关键科学问题	(6)
第五节 项目进展	(6)
第六节 项目执行情况	(7)
第二章 研究流域概况	(9)
第一节 水资源状况	(11)
第二节 水土流失治理状况	(14)
第三节 土地利用/土地覆被变化情况	(15)
第三章 小流域实验	(18)
第一节 实验流域选取	(18)
第二节 实验设计	(20)
第三节 实验流域建设内容	(26)
第四章 研究区域水循环机理研究	(31)
第一节 小流域实验结果分析	(31)
第二节 环境同位素技术应用结果分析	(40)
第五章 水循环模拟技术	(63)
第一节 DTVGM 模型结构	(63)
第二节 空间数据同化	(63)
第三节 DTVGM 产流模型	(65)
第四节 DTVGM 汇流模型	(72)
第五节 模型尺度与复杂度分析	(75)
第六章 水循环机理模拟技术应用	(79)
第一节 实时降雨的时空分布与产流关系	(85)
第二节 DTVGM 模型应用	(90)
第三节 分布式侵蚀产沙模型	(97)
第四节 淤地坝对水沙的影响	(107)
第七章 结论与认识	(114)

第二篇 应用篇

第八章 绪 论	(121)
第一节 问题的提出	(121)
第二节 黄河流域水资源评价的研究	(121)
第三节 国内外研究进展	(122)
第四节 总体目标和研究内容	(123)
第九章 人类活动对流域水循环的影响及其次生效应	(125)
第一节 流域水循环系统及其划分	(125)
第二节 人类活动对流域水循环系统影响的分类	(126)
第三节 人类活动作用下的流域水循环效应	(129)
第十章 现代水资源评价方法	(131)
第一节 国内外水资源评价内容与方法	(131)
第二节 现代水资源评价方法	(137)
第十一章 基于二元水循环模型的水资源综合评价	(147)
第一节 二元模式的提出与水循环系统演进	(147)
第二节 流域二元水循环过程模拟的实现	(148)
第三节 基于流域二元水循环过程模拟的水资源综合评价	(151)
第十二章 流域二元水循环模拟模型	(155)
第一节 基本结构	(155)
第二节 分布式流域水循环模拟模型构建	(156)
第三节 集总式流域水资源调控模型构建	(171)
第四节 二元水循环模型的耦合	(172)
第十三章 渭河流域水资源评价	(174)
第一节 渭河流域二元水循环过程模拟	(174)
第二节 现状条件下渭河流域水资源评价	(177)
第三节 变化环境下渭河流域水资源演变规律分析	(183)
第十四章 三川河流域水资源评价	(194)
第一节 三川河流域二元水循环过程模拟	(194)
第二节 现状条件下三川河流域水资源评价	(196)
第三节 变化环境下三川河流域水资源演变规律分析	(198)
第十五章 伊洛河流域水资源评价	(206)
第一节 伊洛河流域二元水循环过程模拟	(206)
第二节 现状条件下伊洛河流域水资源评价	(210)
第三节 变化环境下伊洛河流域水资源演化机制研究	(220)
第十六章 主要成果与创新点	(230)
第一节 主要内容和成果	(230)
第二节 主要创新点	(232)
第三节 研究展望	(233)
参考文献	(234)

第一篇



实验与理论篇



第一章 项目基本情况

第一节 项目研究意义

黄河是中华民族的摇篮,是中国的“母亲河”。目前,其河川径流利用率已达 60% 以上,开发利用程度居全国七大江河之首。黄河的泥沙问题举世闻名,黄河的水资源问题也举世瞩目,特别是 20 世纪 90 年代后黄河流域入海水量逐渐减少,与 50、60 年代相比,入海水量减少了近 70%,其中汛期减少了 71%。考虑水资源开发利用后,河川天然径流量较 50、60 年代仍减少了近 30%,其中汛期减少了 36%。黄河干流水量的减少,主要表现在支流产流量减少,入黄水量不断递减。例如黄土高原地区,随着生态环境建设和水资源开发利用,支流无定河、窟野河、皇甫川、伊洛河等,90 年代入黄水量与 50、60 年代相比,分别减少了 39%、37%、52% 和 62%。河川径流减少和水资源需求的增加直接导致了黄河断流。最严重的 1997 年,利津水文站的年最大断流天数达 226 d、年最大断流长度达 704 km,黄河水资源的短缺引起水资源供需矛盾的尖锐化,严重影响着工农业和社会的可持续发展。从水文水资源科学的角度来看,水资源的形成遵循自然的水循环规律,同时由于人类活动的影响,自然水循环发生显著变化,并引发了一系列资源、环境和生态方面的劣变过程。因此,要认识黄河日趋严重的“水资源短缺问题”,首先要阐明水循环规律及人类活动对水循环过程的影响。

从国际水文科学研究与进展来看,联合国教科文组织(UNESCO)、国际水文科学协会(IAHS)和世界气象组织(WMO)等实施了一系列国际水科学计划,如国际水文十年(IHD)、国际水文计划(IHP)、世界气候研究计划(WCRP)、国际地圈生物圈计划(IGBP)。当今水文水资源科学发展的前沿问题突出反映在:自然变化和人类活动影响下的水文循环和水资源演变规律,水与土地利用/土地覆被变化等社会经济相互作用影响等。进入 90 年代末,变化环境(即全球变化与人类活动影响)下的水文循环研究成为热点。

例如,1995 年以来,国际水文科学协会(IAHS)举办了多次变化环境下的水文循环及水资源专题学术讨论会,其中涉及到水文循环机理实验研究、可持续水质水量管理的应用研究、洪水与干旱的成因研究与预测问题、水资源开发、水的利用和土地利用变化对环境的影响、水文-生态模拟等。1998 年 5 月在中国武汉召开的国际“水资源量与质的可持续管理问题研讨会”,交流了变化环境下的流域水循环、流域水量水质统一管理的水文学基础等问题与可持续发展量化研究。1999 年 7 月,在英国 Birmingham 召开的第 22 届国际大地测量及地球物理学联合大会(IUGG)暨国际水文科学协会学术交流会上,对三个方面水文科学新的进展做了回顾与展望:一是水文信息的支持,特别是反映土地利用/土地覆被变化的 RS 信息的识别技术;二是水文科学基础的研究,其中包括洪水干旱的水文极值问题,陆地水文循环参数化问题;三是环境水文学问题研究,主要有地表水和地下水的

水量转化和水质问题,水文生态学的发展等。2001年7月10~13日在荷兰 Amsterdam, 由国际地圈生物圈计划(IGBP)举办了“全球变化科学大会(Global Change Open Science Conference)”,会议有两大主题:一是不断变化的地球的挑战,二是展望地球系统科学与全球可持续性。2001年7月18~27日在荷兰 Maastricht 举行了第6届国际水文科学大会,大会的主题是水文科学基础研究和经济社会发展与水资源研究两个方面。水文科学基础研究有:“土壤-植被-大气”水循环转化和大尺度水文模拟,水文长期变化与气候影响,人类活动对地下水动态的影响等。经济社会发展与水资源研究有:经济社会发展与水危机,区域水资源管理,全球变化与水文学,信息技术在可持续水管理中的作用等。从上面可以看出,变化环境下的水文循环及水资源演化规律研究,是国际国内水文水资源学科积极鼓励的创新研究课题。

需要指出的是,传统的水文循环只考虑水量的自然变化,现代水文循环需要考虑全球变化以及人类活动等方面的影响。人类活动对水文过程的影响,集中表现在对下垫面的改变上,改变流域下垫面的地形、地貌、土壤、植被等条件,可概括为土地利用和土地覆被的变化。下垫面条件发生变化,水文过程的各环节也相应发生变化,如蒸发、入渗、产流的量会加大或减小,水循环的路径和速率也会发生变化,也就是说,利用原来的降水-径流关系不能反映土地利用/土地覆被变化后的流域降水径流形成规律和水文循环过程,分析人类活动(土地利用/土地覆被变化)对流域降水-径流形成规律的影响成为当今我国水文循环研究的关键问题。

无定河是黄河中游一条较大的多泥沙支流,发源于白于山北麓陕西省定边县境内,流经内蒙古伊克昭盟和陕西榆林、延安地区,于清涧县河口村注入黄河,全长491 km,流域面积30 261 km²,其中水土流失面积23 137 km²。大理河是无定河的最大支流,干流全长170 km,流域面积3 906 km²,其控制站为绥德站,青阳岔以上为河源梁涧区,面积662 km²,占大理河流域面积的16.9%,其余面积均处于黄土丘陵沟壑区。流域地形破碎,植被稀疏,水土流失严重。1970年以后,由于流域综合治理,径流泥沙发生了很大变化,是研究黄河流域生态环境建设等人类活动影响比较典型的代表性流域,其中有国内比较知名的岔巴沟径流实验小流域,水文循环实验研究的基础比较好,大理河上最大的支流是小理河流域,其控制站为李家河站,控制面积807 km²。

由于影响黄河流域水循环及水资源演化原因的复杂性,针对有一定实验研究基础的黄河无定河典型支流上的大理河流域,开展水循环时空变化及其影响机理的科学研究,主要内容包括:黄河典型支流大理河流域坡面水循环实验;流域水循环水文示踪;土地利用/土地覆被变化影响的水文遥感信息提取、流域水循环时空变化的模拟分析;提出水土保持工程和水资源开发利用等人类活动对实际入黄水量变化的影响程度、适应变化环境下的黄河水文预报方法和新的水资源评价方法等。本项目研究成果,不仅对于揭示生态环境建设影响下的水循环演化规律有十分重要的科学价值,而且对于解决黄河流域水资源评价中十分棘手的还原计算争论问题,变化环境下的水资源规划管理、有人类活动工程影响的水文预报等,有着重要的应用前景。

第二节 项目主要内容和技術路线

一、主要研究内容

(1) 典型小流域水循环机理实验研究。选取大理河流域上小理河子流域作为实验流域,在总结自然变化条件下小流域产汇流基本规律的同时,通过坡地水量转换过程实验,开展“大气降水-地表水-土壤水-浅层地下水”转化关系研究,揭示人类活动影响下的小流域水循环机理。

基本思路是利用曹坪西沟作为实验小流域,水文气象要素观测结果作为率定小理河日尺度模拟模型参数的主要依据,推广至大理河月尺度模型,然后推广应用于黄河沟壑区。

(2) 通过 3S 技术的应用,开展变化环境下典型支流水循环模拟研究,包括陆地水循环遥感信息提取与参数率定以及典型流域水循环时空变化模拟与检验等方面。

(3) 开展黄土高原典型支流大理河水文水资源应用问题研究。包括大理河生态环境建设对入黄水量变化影响定量分析与评价、变化环境下的水文预报方法以及适应环境变化的大理河水资源评价方法等方面。

二、技术路线

本项目的研究技术路线可用图 1-1 表示。

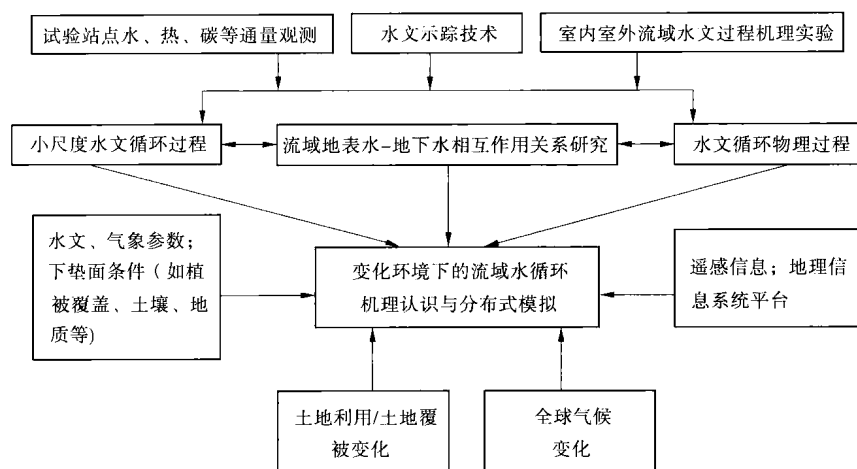


图 1-1 技术路线示意图

第三节 项目的创新之处

本项目的创新之处主要体现在以下几方面：

(1) 首次在黄土沟壑区开展了变化环境下小流域水文实验研究,建立了岔巴沟曹坪西沟实验小流域,采集了近 84 万条变化环境下典型流域水循环要素数据,为原始创新研

究奠定了基础。

(2) 基于原型实验和环境同位素技术,系统研究了不同下垫面条件下降雨径流关系、土壤入渗变化特点、降水对地下水补给特性、区域地表水与地下水转化关系、土地利用/土地覆被变化的水文效应等,首次揭示了变化环境下黄土沟壑区水循环机理,得出了不同覆被、不同耕作方式情况下降雨径流变化规律。

(3) 利用 3S 技术,首次在大理河、小理河、岔巴沟三级流域上,建立了变化环境下月、日、时三级分布式时变增益水文模型。该模型将非线性系统理论与水文物理过程相结合,能够适应不同的资料条件,有较好的模拟精度。

(4) 基于流域下垫面变化与暴雨产流产沙的响应与耦合关系,首次在岔巴沟流域建立了分布式流域侵蚀产沙模型以及淤地坝影响模拟分析模型,揭示了黄土沟壑区暴雨产沙规律。

(5) 项目研究与生产实践紧密结合,研究成果已应用到黄河流域水资源调查评价、黄河中游水土保持措施蓄水保土效益分析等方面;根据项目研究成果,指导了黄河中游皇甫川长滩水沙监测站建设,推动了黄河中游重点水文断面含沙量预报。

第四节 项目的关键科学问题

本项目需要解决的主要关键问题如下:

- (1) 自然变化条件下大理河典型流域产汇流基本规律认识。
- (2) 结合水土保持工程特点的坡地水量转换过程。
- (3) 如何利用水文实验和水文示踪手段认识环境变化(人类活动影响)下的流域“大气降水—地表水—土壤水—浅层地下水”的水循环机理与作用关系。
- (4) 如何在量化土地利用/土地覆被变化影响条件下进行流域水循环模拟。

第五节 项目进展

本研究项目计划在四年内完成,即 2003 年 1 月~2006 年 12 月。具体进度设计如下:

(1) 2003 年 1~3 月,收集整理国内外现有有关流域水循环方面的研究成果,编写工作大纲,论证实验目的和内容,建立必要的实验方案。

(2) 2003 年 4~5 月,设定实验观测项目。

2003 年 6 月~2006 年 9 月,进行实验观测。

(3) 2003 年 6~12 月,流域水循环模拟研究。

(4) 2004 年 1~12 月,建立自然条件下和变化环境条件下流域水循环模拟模型,研究自然条件下和变化环境条件下的水循环机理,建立变化环境下水文预报模型,提出适应环境变化的水资源评价方法。应用 2003 年度和 2004 年度实验成果率定参数、验证结果。

(5) 2005 年 1~5 月,编写初步报告,研究项目中期评估,充实内容。

(6) 2005 年 11 月~2006 年 9 月,纳入 2005 年度和 2006 年度实验成果,进一步修正变化环境条件下流域水循环模拟模型,修正水文预报模型,改进水资源评价方法;修改初

步报告。

(7)2006 年 10~12 月,召开专家咨询、审查会议,修改、完善研究报告内容。

第六节 项目执行情况

本项目已于 2007 年 3 月 12~14 日通过了国家自然科学基金委员会组织的专家审查验收。专家验收意见如下。

一、学术意义和水平

在变化环境下黄土沟壑区实验流域建立、水循环实验、水循环机理认识、水循环过程模拟、研究成果应用等方面,突破传统思路,完善了现有水资源调查评价方法、泥沙预报方法等。特别是在研究变化环境条件下不同尺度水循环机理中,深入分析了不同下垫面条件下降雨径流关系、不同下垫面条件下土壤入渗变化特点、降水对地下水补给特性、区域地表水与地下水转化关系、土地利用/土地覆被变化的水文效应、变化环境下黄土沟壑区多尺度分布式时变增益水文模型建立等方面,取得了突破性进展,具有重要的学术意义和应用价值,其主要研究成果具有很高的学术水平。

二、主要创新成果

(1)首次在黄土沟壑区开展了变化环境下小流域水文实验研究,建立了岔巴沟曹坪西沟实验小流域,采集了近 84 万条变化环境下典型流域水循环要素数据,为原始创新研究奠定了基础。

(2)基于原型实验和环境同位素技术,系统研究了不同下垫面条件下降雨径流关系、土壤入渗变化特点、降水对地下水补给特性、区域地表水与地下水转化关系、土地利用/土地覆被变化的水文效应等,首次揭示了变化环境下黄土沟壑区水循环机理,得出了不同覆被、不同耕作方式情况下降雨径流变化规律。

(3)利用 3S 技术,首次在大理河、小理河、岔巴沟三级流域上,建立了变化环境下月、日、时三级分布式时变增益水文模型。该模型将非线性系统理论与水文物理过程相结合,能够适应不同的资料条件,有较好的模拟精度。

(4)基于流域下垫面变化与暴雨产流产沙的响应与耦合关系,首次在岔巴沟流域建立了分布式流域侵蚀产沙模型以及淤地坝影响模拟分析模型,揭示了黄土沟壑区暴雨产沙规律。

(5)项目研究与生产实践紧密结合,研究成果已应用到黄河流域水资源调查评价、黄河中游水土保持措施蓄水保土效益分析等;基于项目研究成果,指导了黄河中游皇甫川长滩水沙监测站建设,推动了黄河中游重点水文断面含沙量预报。

出版了 1 本专著,发表论文 75 篇,其中被 SCI(《科学引文索引》)收录 2 篇、EI《工程索引》收录 16 篇,学术交流论文 15 篇。

三、人才培养情况

培养博士后 2 名、博士研究生 11 名和硕士研究生 10 名。

王浩教授 2005 年当选为中国工程院院士。

四、国际合作与交流成效

积极开展国际合作,积极支持参与国际有关研究计划,先后与欧盟、加拿大 REGINA 大学、日本千叶大学、日本国立环境研究所、日本防灾科学技术研究所等建立广泛的合作关系,开展了实质性的合作,加强课题国际前沿合作研究。

该项目完成期间,主持和参加了国际学术会议 9 次,主办了国内学术会议 9 次。2003 年,夏军教授当选为国际水文科学协会(IAHS)副主席。同年 10 月份在西班牙马德里召开的国际水大会中,又被选为新一届国际水资源协会(IWRA)副主席。

五、经费使用情况

专家组认为,本项目全面完成了计划,研究工作取得了突出成果和进展,一致同意通过验收。

第二章 研究流域概况

本项目研究是三级流域嵌套,即岔巴沟、小理河和大理河。

无定河是黄河中游一条较大的多泥沙支流,发源于白于山北麓陕西省定边县境,流经内蒙古伊克昭盟和陕西榆林、延安地区,于清涧县河口村注入黄河。全长 491 km,流域面积 30 261 km²,其中水土流失面积 23 137 km²(见图 2-1)。

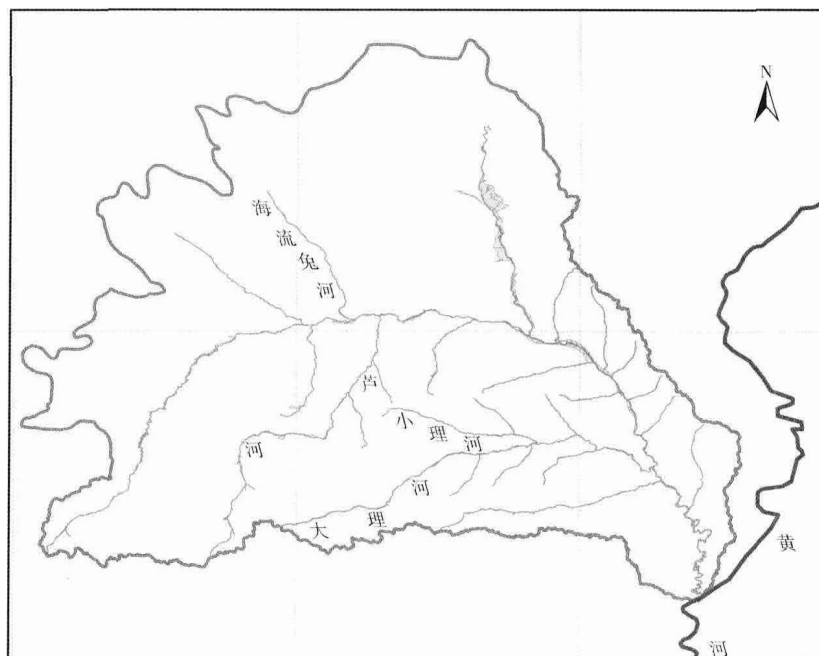
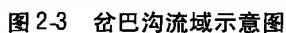


图 2-1 无定河流域示意图

本项目主要研究无定河的最大支流大理河(见图 2-2)。其干流全长 170 km,流域面积 3 906 km²,其出口控制站为绥德站。流域内地形破碎,植被稀疏,水土流失严重。1970 年以后,由于流域综合治理,径流泥沙发生了很大变化,是研究黄河流域生态环境建设等人类活动影响比较典型的代表性流域,其中有国内比较知名的岔巴沟径流实验小流域,水文循环实验研究的基础比较好。大理河上最大的支流是小理河流域,其控制站为李家河站,控制面积 807 km²。另一典型支流是岔巴沟流域(见图 2-3)。自然地理区划属于黄河丘陵沟壑区,流域面积 205 km²,沟道长 26.5 km,流域形状基本对称,干沟与支沟的相汇夹角大致呈 60°。流域按地貌形态可划分两大类:一是河谷阶地区,二是黄土丘陵沟谷区。流域上游以梁地沟谷区为主,下游以峁地沟谷区为主,中游二者皆有。其地貌特点是:沟谷发育,土壤侵蚀严重。表 2-1 为岔巴沟干支沟特征数据。



序号	沟名	沟口位置	流域面积 (km ²)	流域长度 (km)	流域平均宽度 (km)
1	岔巴沟	高渠	205	26.3	7.80
2	岔巴沟	曹坪	187	25.9	7.22
3	岔巴沟	杜家沟岔	96.1	14.3	6.73
4	岔巴沟	西庄	49.0	8.54	5.73
5	石门沟	西庄	23.0	7.60	3.03
6	窑岭沟	常家园子	4.56	3.90	1.17
7	店房沟	常家园子	3.38	2.80	1.20
8	毕家荃沟	杨坪	13.8	6.78	2.04

续表 2-1

序号	沟名	沟口位置	流域面积 (km^2)	流域长度 (km)	流域平均宽度 (km)
9	杜家沟岔沟	杜家沟岔	8.56	5.23	1.64
10	刘岭沟	三川口	21.0	6.54	3.22
11	前米脂沟	前米脂沟	11.0	5.56	1.98
12	田家沟	杜家东庄	12.5	6.50	1.92
13	马家沟	马家沟	16.2	6.10	2.66
14	麻地沟	曹坪	17.2	8.24	2.08

岔巴沟流域致洪暴雨归纳起来主要有两种类型:一是由局地强对流条件引起的小范围、短历时、高强度暴雨,这类暴雨往往发生在盛夏季节,其突发性强、降雨集中、雨强较大;二是盛夏至初秋副热带高压天气系统在该流域一带停滞不前或摆动时,常常会形成面积较大、持续时间较长的暴雨。经统计,该流域最大1日、3日、7日、15日及30日降水量分别为115.4 mm(1965年)、137.8 mm(1994年)、208.3 mm(1961年)、228.0 mm(1961年)及303.5 mm(1994年)。

流域年平均气温在 $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,最高气温在 $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,最低气温在 $-27\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,霜冻期约半年。最大风力9级以上。水面蒸发1500 mm左右,陆面蒸发380 mm左右。

1958年8月设立的曹坪水文站是岔巴沟流域把口站,控制流域面积为 187 km^2 ,观测项目主要有降水、水位、流量、泥沙等。经统计,该站多年平均径流量 744.8 万 m^3 (1971~2001年),多年平均输沙量 124.2 万 t (1971~2001年),实测年最大流量 $1520\text{ m}^3/\text{s}$ (1966年8月15日)。

岔巴沟流域水文特性概括起来主要有以下三点:一是降水量少,且时空分布不均。经统计,流域多年平均降水量 430.8 mm (1959~2001年),较黄河流域平均降水量偏小4.5%;年最大降水量 749.4 mm (1961年),年最小降水量 253.4 mm (1965年),两者相差近3倍;年内降水主要集中于汛期,一般占年降水量的50%左右,其中7月、8月份占年降水量的80%左右。二是洪水暴涨暴落、含沙量大。据统计,该流域实测最大含沙量高达 1220 kg/m^3 (1963年8月26日)。三是黄土结构疏松,水土流失严重。经统计,流域多年平均输沙量 124.2 万 t (1971~2001年),输沙模数为 $6642\text{ t}/(\text{km}\cdot\text{a})$ 。

第一节 水资源状况

根据1956~2000年系列降水、实测径流和用水情况测验、调查等资料,经统计分析计算,大理河多年平均降水量为 423.2 mm ,实际来水量 1.444 亿 m^3 ,天然来水量 1.582 亿 m^3 ,地表用水还原水量 0.138 亿 m^3 ,水资源总量 2.674 亿 m^3 。年代间水资源状况见表2-2。

从表2-2可以看出,大理河流域,50、60年代水资源基本偏丰,70、80、90年代基本呈偏枯趋势。